

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання лабораторних робіт

з курсу

ОСНОВИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ
ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ

*(для студентів 4 курсу денної та 4, 5 курсів заочної форм навчання за
напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)*

Харків
ХНУМГ
2015

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» (для студентів 4 курсу денної та 4, 5 курсів заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Д. С. Шимук. – Харків : ХНУМГ, 2015. – 43с.

Укладач: к. т. н., доцент **Д. С. Шимук**

Рецензент: к. т. н., доцент кафедри електропостачання міст **С. В. Швець**

Методичні матеріали забезпечують лабораторний практикум з дисципліни "Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем" відповідно до навчального плану підготовки бакалаврів за напрямом 6.050701 "Електротехніка та електротехнології".

На лабораторних заняттях здійснюється практичне підтвердження основних теоретичних положень курсу, формуються уміння щодо постановки експерименту, практичної роботи з приладами релейного захисту та вимірювальною апаратурою, обробки та подальшого аналізу результатів досліджень. За кожною лабораторною роботою приведені основні теоретичні відомості що до конкретного виду обладнання, опис лабораторної установки, технологія виконання досліджень, вимоги щодо змісту звіту та перелік контрольних запитань.

Видання розраховане на студентів 4 курсу денної та 4, 5 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки бакалавра 6.050701 "Електротехніка та електротехнології".

*Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,
протокол № 2 від 08. 10. 2014 р.*

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1	6
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ ТПЛ-10-75/5.....	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2	13
ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ВМИКАННЯ СТРУМОВИХ РЕЛЕ І ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3	18
ПЕРЕВІРКА КОМПЛЕКТУ ЗАХИСТУ ТИПУ КЗ-37	18
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4	24
ЗАХИСТ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ 6-35КВ.....	24
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5	29
ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ЗАХИСТ ТРАНСФОРМАТОРА НА РЕЛЕ РНТ-565	29
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6	34
ПОПЕРЕЧНИЙ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ЗАХИСТ ЛІНІЙ	34
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7. ПЕРЕВІРКА РЕЛЕ ТИПУ РПВ-58 ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ПОВТОРНОГО ВМИКАННЯ ЛІНІЙ	39
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	43

ВСТУП

Лабораторні заняття надають можливість отримати наочне уявлення о процесах, що мають місце в приладах та обладнанні релейного захисту і автоматики енергосистем. Саме на таких заняттях студенти освоюють постановку та ведення експерименту, отримують уміння спостерігати, оцінювати отримані результати, робити висновки та узагальнення. Тому основною метою лабораторних занять є оволодіння технікою експерименту, уміння вирішувати практичні задачі шляхом постановки досліду.

Методичні вказівки до кожної лабораторної роботи містять:

- необхідні теоретичні положення, описи та схеми щодо конкретних приладів або обладнання релейного захисту та автоматики;
- програму роботи та порядок її виконання;
- зміст звіту;
- література
- зміст звіту;
- контрольні запитання.

Перед виконанням кожної лабораторної роботи студенти повинні вивчити теоретичний матеріал з даної теми за конспектом лекцій та рекомендованою літературою, уяснити призначення, влаштування, принцип дії досліджуваного обладнання, сутність досліджень та підготувати звіт для подальшого заповнення згідно наведених нижче рекомендацій.

У звіті про роботу наводяться:

- 1) найменування і мета роботи;
- 2) програма роботи;
- 3) електричні схеми дослідів накреслені олівцем або наведені у формі ксерокопії;
- 3) таблиці з результатами експериментів та розрахунків;
- 4) графіки розміром не менше 100x150 мм;
- 5) висновки, що містять причинно-наслідковий аналіз досліджуваних процесів.

Після закінчення роботи викладач перевіряє результати експериментів і робить відмітку в своєму журналі про виконання роботи.

Захист звітів з лабораторних робіт слід здійснювати в кінці заняття. При наявності у студента двох незахищених (невідпрацьованих) робіт він до виконання наступної роботи не допускається.

До виконання лабораторних робіт студенти допускаються після інструктажу з охорони праці під особистий розпис у відповідному журналі.

При виконанні лабораторних робіт студенти повинні дотримуватись наступних правил техніки безпеки:

1. Перед складанням схеми лабораторної роботи необхідно переконатись, що всі вимикачі живлення лабораторного стенду вимкнені.

2. Вмикати вимикачі живлення дозволяється лише після перевірки схеми викладачем і в його присутності.

3. У процесі виконання лабораторної роботи не торкатися металевих неізольованих частин схеми, не робити змін у схемі і не усувати будь-які несправності в ній.

4. При появі будь-якої несправності у схемі негайно вимкнути вимикач живлення і сповістити про це викладача.

5. У випадку ураження будь-кого електричним струмом негайно вимкнути всі вимикачі, викликати викладача і далі виконувати всі його розпорядження.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ ТПЛ-10-75/5

МЕТА РОБОТИ – практичне підтвердження теоретичних положень щодо змісту і особливостей фізичних процесів в трансформаторі струму, набуття практичних умінь та навичок роботи з лабораторним обладнанням та оволодіння методикою експериментального визначення технічних характеристик трансформаторів струму

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ ТПЛ-10

Трансформатори струму ТПЛ-10 призначені для установки в комплектні розподільчі пристрої (КРП) и служать для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам та (або) пристроям захисту і управління, для ізолювання кіл вторинних з'єднань від високої напруги в електричних установках змінного струму на клас напруги до 10 кВ.

Трансформатор виконано у вигляді котушкової опорної конструкції.

Блок котушок, який складається з двох вторинних і загальної первинної обмотки, залито ізоляційним компаундом на основі епоксидної смоли. В нижній частині магнітопроводу закріплені косинці, які служать опорою трансформатора. На одному з косинців розташовано затискач заземлення.

Виводи первинної обмотки Л1 і Л2 мають різні виконання по струмах (табл. 1.1). Виводи вторинних обмоток розташовані на блоці котушок і позначені буквами И1 і И2.

Трансформатор струму ТПЛ-10 має одну первинну обмотку з числом витків w_1 і дві вторинних обмотки з числом витків w_2 : одна релейна для підключення струмових реле, інша – вимірювальна для підключення вимірювальних приладів.

Таблиця 1.1 – Технічні дані трансформаторів струму ТПЛ-10

Найменування параметру	Значення
1	2
Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	20
Номинальна частота змінного струму, Гц	50
Номинальний первинний струм, А	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000

Продовження таблиці 1.1

1	2
Номинальний вторинний струм, А	1; 5
Кількість вторинних обмоток	2
Клас точності вторинної обмотки для вимірювання/захисту	0,2S; 0,5S; 0,5; 0,2; 1.0/5P, 10P
Номинальне вторинне навантаження вторинної обмотки В·А для В·А: вимірювання при $\cos\varphi = 1$ /вимірювання при $\cos\varphi = 0.8$ /захисту при $\cos\varphi = 0.8$	1-2,5/3-30/15
Номинальна гранична кратність вторинної обмотки для захисту, не менше, при номинальному первинному струмі, А: 5–600/750–800/1000/1200 – 2000	13/15/18/10
Кратність 3-секундного струму термічної стійкості, при номинальному первинному струмі, А: 5–300, 1200, 1500/400, 600, 750, 800, 1000, 2000	60/45
Кратність струму електродинамічної стійкості при номинальному первинному струмі, А: 5–300/400, 600, 750, 800, 1000/1200, 1500, 2000	265/200/150

Струм I_1 у первинній котушці трансформатора струму створює згідно з законом повного струму магніторушійну силу (МРС), тобто ампер-витки $I_1 w_1$ і відповідний їй магнітний потік Φ_1 . Струм I_2 у вторинній котушці створює відповідні МРС $I_2 w_2$ і потік Φ_2 , що направлені згідно з законом Ленца зустрічно МРС $I_1 w_1$ і потоку Φ_1 . У зв'язку з тим, що МРС первинної обмотки $I_1 w_1$ є причиною появи у вторинній обмотці МРС $I_2 w_2$, то завжди справедливі нерівності $I_1 w_1 > I_2 w_2$ і, відповідно, $\Phi_1 > \Phi_2$. В результаті в магнітному осерді циркулює результуючий магнітний потік намагнічування $\Phi_0 = \Phi_1 - \Phi_2$, який створюється МРС намагнічування $I_0 w_1 = I_1 w_1 - I_2 w_2$, де I_0 – струм намагнічування як складова струму I_1 , причому струм намагнічування I_0 суттєво менший за струм I_1 . З рівняння МРС визначаємо вторинний струм I_2

$$I_2 = \frac{(I_1 - I_0) w_2}{w_1} = \frac{I_1 - I_0}{K_{\text{ТА}}} \approx \frac{I_1}{K_{\text{ТА}}}, \quad (1.1)$$

де $K_{\text{ТА}} = \frac{w_2}{w_1}$ – коефіцієнт трансформації.

З (1.1) виходить, що струм намагнічування I_0 вносить похибку при вимірюванні первинного струму, для зменшення якої необхідно зменшувати величину I_0 до мінімального значення. У такому випадку амплітуди магнітних потоків обмоток будуть приблизно однаковими: $\Phi_2 \approx \Phi_1$. Це становиться можливим коли значення вторинного струму I_2 максимальне, тобто при короткозамкненій вторинній котушці. Таким чином, для збереження точності

вимірювання трансформатор струму має працювати у режимі короткого замикання (КЗ). Режим КЗ для трансформатора струму безпечний, тому що вторинний струм I_2 не може бути більшим від величини I_1/K_{TA} , а первинний струм I_1 у свою чергу не залежить від опору навантаження вторинної обмотки, а визначається лише опором навантаження, який ввімкнений послідовно з первинною котушкою трансформатора.

У режимі холостого ходу, тобто з розімкненою вторинною обмоткою, трансформатор за напругою становиться підвищувальним. На клемі вторинної обмотки з'являється електрорушійна сила (ЕРС) $E_2 = E_1 w_2 / w_1 = E_1 K_{TA}$, де E_1 – ЕРС самоіндукції первинної обмотки, причому $E_1 \approx 1,5$ В. При великих K_{TA} величина E_2 досягає величин небезпечних для ізоляції, а також для персоналу, тому вторинна обмотка не повинна залишатися розімкненою.

Похибки трансформаторів струму залежать не тільки від величини опору вторинної обмотки, а також і від величини первинного струму який в схемах релейного захисту в аварійних режимах у багато разів перевищує їх номінальний струм і може привести до насичення сталі осердя. Тому в їх паспортах вказуються допустимі кратності перевищення номінального первинного струму і допустимі максимальні значення опору вторинної обмотки, при яких похибка не перевищує 10%.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1 ПЕРЕВІРКА ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ

Мегометром виміряти опір ізоляції R_{i3} між обмотками трансформатора, а також між кожною з них та осердям. Результат звести до таблиці 1.2 та порівняти з нормою: $R_{i3} > 10$ МОм.

Таблиця 1.2 – Опір ізоляції, МОм

Між первинною і		Між осердям і		
вторинною релейною	вторинною вимірювальною	первинною	вторинною релейною	вторинною вимірювальною

2 ПЕРЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ПОЗНАЧОК КЛЕМ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА

Первинна обмотка трансформатора має позначки "Л1" – початок обмотки, "Л2" – кінець; вторинні обмотки відповідно "И1" та "И2". Визначення позначок стає необхідним при складанні трифазних схем з'єднання вторинних обмоток.

2.1 Скласти схему за рисунком 1.1. Початкове положення елементів схеми: вимикач QF1 і тумблер SB1 вимкнені. На клемі вторинних обмоток повісити

позначки "И1" і "И2" довільним чином.

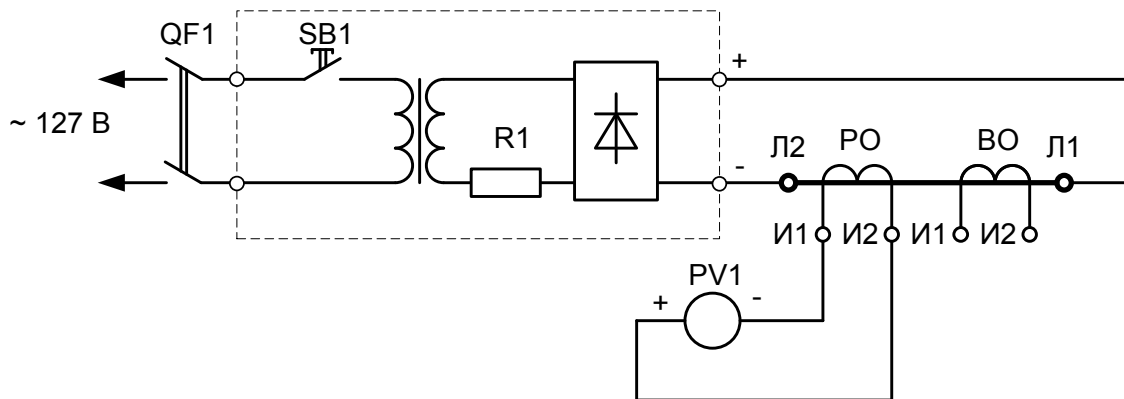


Рисунок 1.1 – Схема для перевірки позначення клем обмоток

2.2 Ввімкнути вимикач QF1. Спостерігаючи за рухом стрілки вольтметра PV1 ввімкнути тумблер SA1. Якщо до клемі “+” вольтметра PV1 підключено початок обмотки, то стрілка хитнеться праворуч, тобто позначки навішені вірно. Якщо стрілка хитнеться ліворуч, то позначки "И1" "И2" поміняти місцями.

2.3 Аналогічно перевірити позначки іншої обмотки і розібрати схему.

3 ПЕРЕВІРКА КОЕФІЦІЄНТА ТРАНСФОРМАЦІЇ

3.1 Скласти схему за рисунком 1.2.

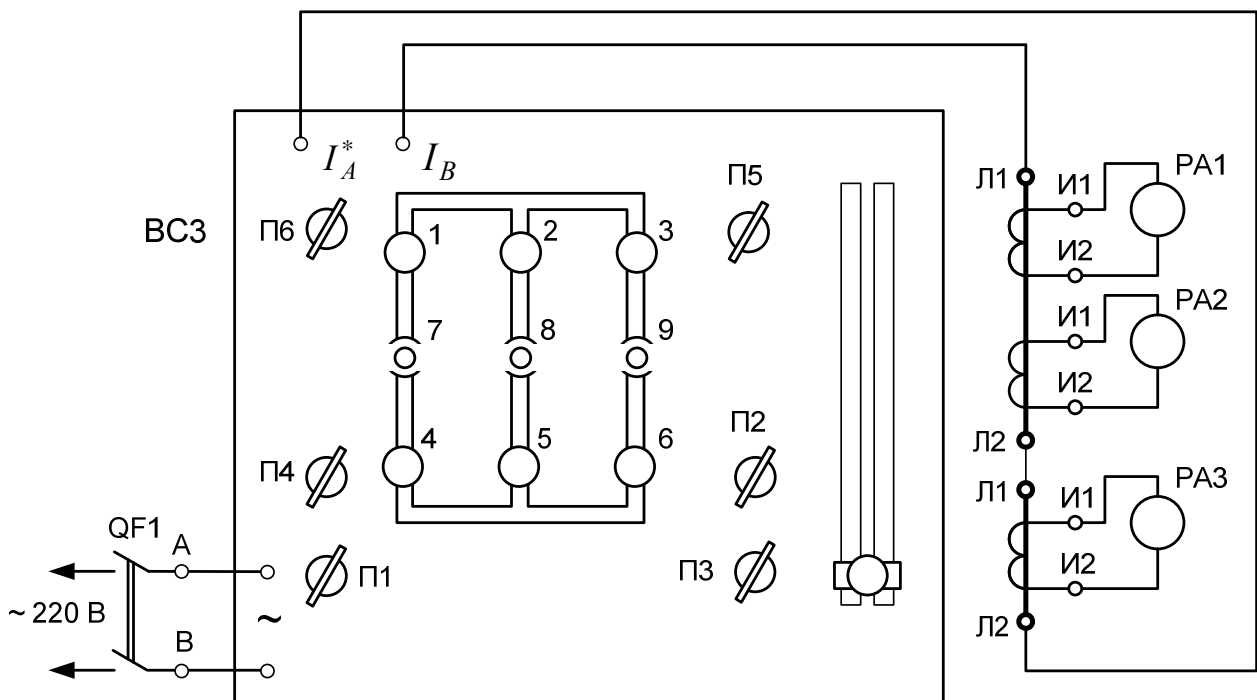


Рисунок 1.2 – Схема для перевірки коефіцієнта трансформації

Початкове положення апаратів таке: вимикач QF1 вимкнений, положення перемикачів на панелі ВСЗ "Випробувача струмкових захистів" таке: П1 у положенні "ВКЛ", П2 – " ", П3 – "220", П4 – "ПТЦ", П5 – "0", П6 – "АВ", бігунок реостату в нижньому крайньому положенні, регулювальні гайки загвинчені у положеннях 1, 2, 3, 4, 5, 6. Визначити ціну однієї поділки амперметрів і записати в таблицю 1.3. Штекер перемикача меж вимірювання зразкового трансформатора струму И54 встановити в положення "50".

3.2 Ввімкнути QF1. Переміщуючи повзунок реостата випробувача ВСЗ вгору, встановити значення первинного струму 10, 20, 30А за амперметром РА3 і записувати при цьому у таблицю 1.3 виміряні значення вторинних струмів. Вимкнути QF1.

Таблиця 1.3 – Перевірка коефіцієнта трансформації

Значення струмів в обмотках:			Коефіцієнти трансформації та похибки:			
первинний	вторинний релейний	вторинний вимірювальний	вторинний релейний		вторинний вимірювальний	
I_1, A	I_{2PO}, A	I_{2BO}, A	$K_{та}$	$\gamma, \%$	$K_{та}$	$\gamma, \%$

3.3 Розрахувати коефіцієнт трансформації $K_{та} = I_1/I_2$ для кожного виміру та похибки відносно номінального $K_{та}=15$, $\gamma = (K_{та} - 15) \cdot 100/15$.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМ З'ЄДНАННЯ ВТОРИННИХ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ НА ЙОГО КОЕФІЦІЄНТ ТРАНСФОРМАЦІЇ

4.1 За схемою рисунка 1.2 проводити дослід, а за схемою рисунка 1.3, а з'єднати вторинні обмотки трансформатора струму паралельно. Визначити коефіцієнт трансформації при цьому, провівши дослід аналогічно пункту 3.2 для одного значення первинного струму 20 А.

4.2 З'єднати вторинні обмотки послідовно згідно з рисунком 1.3, б і виконати дії аналогічно п. 4.1.

4.3 Результати дослідів звести до таблиці 1.4.

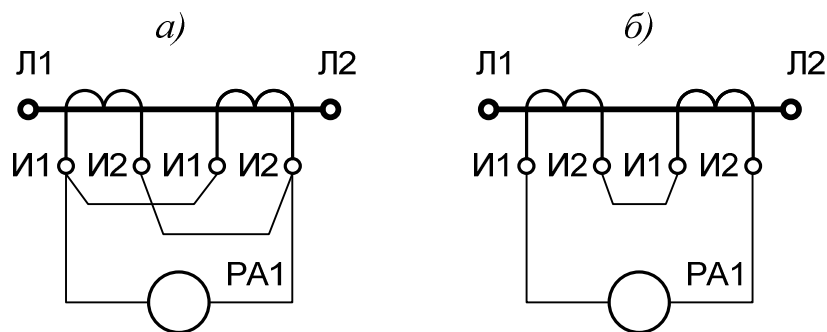


Рисунок 1.3 – Схеми з'єднання вторинних обмоток

Таблиця 1.4

Первинний струм, А	Паралельне з'єднання		Послідовне з'єднання	
	Вторинний струм, А	$K_{та}$	Вторинний струм, А	$K_{та}$
20				

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт за виконаною роботою має містити: номер та назву роботи; мету роботи; програму роботи; схему експериментальної установки відповідно до рисунка 1.1, 1.2, 1.3 (для рис. 1.2 допускається ксерокс); таблиці 1.2-1.4 з результатами вимірів та розрахунків; на схемі за риску 1.3 мають бути нанесені значення струмів первинних та вторинних обмоток за результатами експерименту; висновки, що містять причинно-наслідковий аналіз досліджуваних процесів і явищ в трансформаторі струму.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни "Релейний захист та автоматика". Укладач Ковальов В.М. - Харків : ХНАМГ, – 2008. С 8 – 12.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А.Андреев. М.: Высш. шк., 2006. С 42 – 46.
3. Конспект лекцій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Призначення трансформатора струму.
2. Влаштування трансформатора струму. Показати елементи його конструкції
3. Пояснити необхідність роботи трансформатора струму в режимі КЗ.

4. Пояснити чому не можна залишати розімкненою вторинну обмотку працюючого трансформатора струму.
5. Пояснити за схемою рисунку 1.1 чому при вмиканні тумблера SA1 стрілка вольтметра PV1 магнітоелектричної системи відхиляється, а потім повертається в нуль.
6. Пояснити в яку сторону відхилиться стрілка вольтметра PV1, якщо до його клеми "+" буде підключена клемма "И2" трансформатора струму.
7. Пояснити що треба змінити в конструкції трансформатора струму для зменшення похибки вимірювання, якщо його коефіцієнт трансформації менший від номінального.
8. Пояснити яким чином величина опору навантаження вторинної обмотки впливає на його похибку вимірювання.
9. Пояснити яким чином величина первинного струму трансформатору впливає на його похибку вимірювання.
10. Пояснити яким чином впливає паралельна і послідовна схема з'єднання вторинних обмоток трансформатора струму на величину його коефіцієнта трансформації.
11. Пояснити при якому з'єднанні вторинних обмоток трансформатора струму (паралельному чи послідовному) можна збільшувати опір вторинного навантаження у два рази відносно номінального опору, залишаючись у межах 10%-ої похибки.
12. Пояснити порядок визначення технічних характеристик трансформатору струму за даними таблиці 1.1.
13. Поясніть формування схеми заміщення трансформатору струму.
14. Поясніть векторну діаграму трансформатору струму.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ВМИКАННЯ СТРУМОВИХ РЕЛЕ І ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ

МЕТА РОБОТИ – практичне підтвердження теоретичних положень що до співвідношень між струмами вторинних обмоток трансформаторів струму і реле при різних схемах вмикання струмових реле.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМ

При побудові релейних захистів використовують наступні схеми з'єднання струмових реле і вторинних обмоток трансформаторів струму: схеми повної та неповної “зірки”, з'єднання на різницю струмів вторинних обмоток (так звана схема “вісімки”, або неповного “трикутника”), схема з'єднання на суму вторинних струмів (так званий фільтр струмів нульової послідовності).

Вибір схеми з'єднання визначається її призначенням для захисту від певних типів КЗ, вимогами до коефіцієнта чутливості захисту.

Схеми характеризуються коефіцієнтом схеми K_{cx} , що дорівнює відношенню струму в реле I_p до струму вторинної обмотки I_2 трансформатора струму:

$$K_{cx} = \frac{I_p}{I_2}.$$

При виконанні лабораторної роботи замість струмових реле до вторинних кіл трансформаторів струму підключаються амперметри. Це дає змогу встановити, як при різних видах коротких замикань змінюються струми, що протікають через обмотки реле.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1 ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ "ПОВНОЇ ЗІРКИ"

1.1 Скласти схему за рисунком 2.1. Початкове положення апаратів таке: вимикач QF2 вимкнений, рукоятка автотрансформатора ATV викручена за годинниковою стрілкою до упору. В схемі котушки амперметрів представляють собою котушки струмових реле.

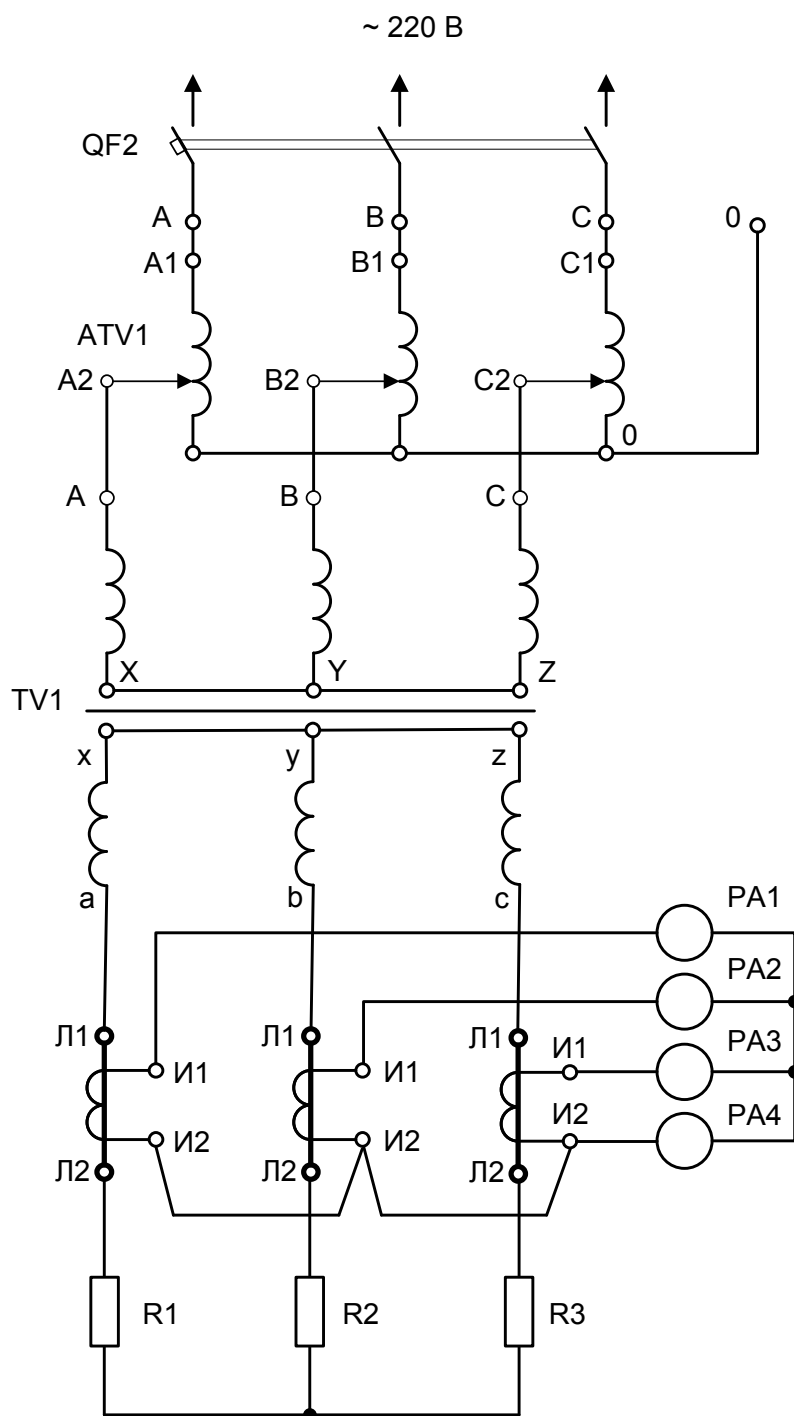


Рисунок 2.1 – З'єднання вторинних обмоток у схему повної зірки

1.2 Ввімкнути $QF2$ і плавно повертаючи рукоятку $ATV1$ проти годинникової стрілки встановити струм у вторинній обмотці трансформатора струму $TA1$ за амперметром $PA1$ на рівні 1 А без урахування трансформації трансформатора струму $TA1$. Записати покази амперметрів у таблицю 2.1. Вимкнути $QF2$.

Таблиця 2.1 – Результати вимірів струмів у вторинних обмотках трансформаторів струмів для різних схем з'єднання при коротких замиканнях в їх первинних колах

Режими в первинних колах трансформаторів струму	I_{2A}, A (PA1)	I_{2B}, A (PA2)	I_{2C}, A (PA3)	I_{2N}, A (PA4)
Схема повної зірки (рис. 2.1)				
Режим трифазного КЗ				
Режим двофазного КЗ (фази АВ)				
Режим двофазного КЗ (фази АС)				
Режим однофазного КЗ (фаза А)				
Схема неповної зірки (рис. 2.2)				
Режим трифазного КЗ				
Режим двофазного КЗ (фази АВ)				
Режим двофазного КЗ (фази АС)				
Режим однофазного КЗ (фаза А)				
Схема "вісімки" (рис. 2.3)				
Режим трифазного КЗ				
Режим двофазного КЗ (фази АВ)				
Режим двофазного КЗ (фази АС)				
Режим однофазного КЗ (фаза А)				

1.3 Скласти схему трифазного КЗ з'єднавши двома закоротками клемами "Л2" (50А) трансформаторів струму ТА1, ТА2, ТА3. Ввімкнути QF2 і записати показники амперметрів в таблицю 2.1 без урахування коефіцієнта трансформації трансформаторів струму. Вимкнути QF2.

1.4 Скласти схему двофазного КЗ між фазами АВ, з'єднавши закороткою клемами "Л2" (50А) трансформаторів струму ТА1 і ТА2. Ввімкнути QF2 і записати показники амперметрів в таблицю 2.1. Вимкнути QF2.

1.5 Аналогічно провести дослід для двофазного КЗ між фазами АС.

1.6 Скласти схему однофазного короткого замикання, в первинному колі трансформаторів струму, з'єднавши закороткою клему "Л2" (50А) ТА1 з клемою "хуз" трансформатора TV1. Ввімкнути QF2 і записати показники амперметрів в табл. 2.1 без урахування коефіцієнтів трансформації. Вимкнути QF2.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ "НЕПОВНОЇ ЗІРКИ"

2.1 Скласти схему за рисунком 2.2. Ввімкнути QF2 і записати показники амперметрів в таблицю 2.1. Вимкнути QF2.

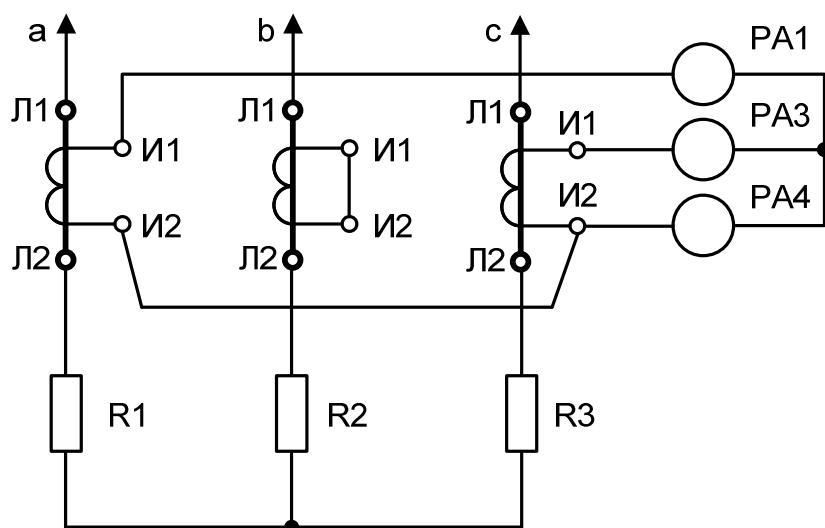


Рисунок 2.2 – З'єднання вторинних обмоток у схему неповної зірки

2.2 Провести дослід однофазного КЗ аналогічно п. 1.3, двофазного КЗ між фазами АВ і АС аналогічно п. 1.4 і п. 1.5, трифазного КЗ аналогічно п. 1.6, записуючи показники амперметрів в таблицю 2.1.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ “ВІСІМКИ”

3.1 Скласти схему за рисунком 2.3. Ввімкнути QF2 і записати показники амперметрів в таблицю 2.1. Вимкнути QF2.

3.2 Провести дослід аналогічні п.п. 1.3-1.6, записуючи показники амперметрів до таблиці 2.1.

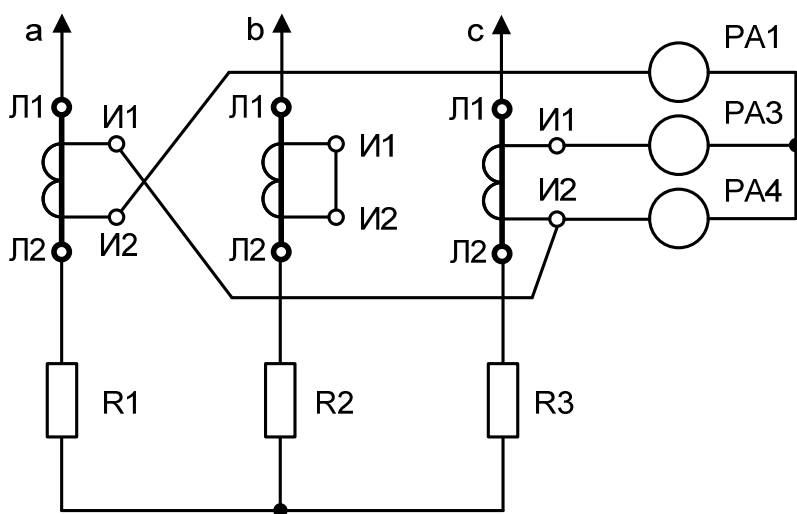


Рисунок 2.3 – З'єднання вторинних обмоток у схему «вісімки»

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт за виконаною роботою має містити: номер та назву роботи; мету роботи; програму роботи; накреслені схеми експериментальної установки відповідно до рисунку 2.1, 2.2, 2.3; таблицю 2.1 з результатами вимірів; висновки, що містять причинно-наслідковий аналіз досліджуваних процесів в схемах.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни “Релейний захист та автоматика”. Укладач Ковальов В.М. - Харків : ХНАМГ, – 2008. С. 26 – 28.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А.Андреев. М.: Высш. шк., 2006. С 206 – 213.
3. Конспект лекцій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. За допомогою векторної діаграми струмів, і використовуючи результати експериментів в табл. 2.1 для схеми “повної зірки” в режимі трифазного КЗ визначити яку величину струму покаже амперметр РА4, якщо при складанні схеми були переплутані місцями позначки “І1” і “І2” трансформатора струму ТА1.
2. Пояснити чому при двофазних і трифазних КЗ в схемі “повної зірки” амперметр РА4 показує нуль.
3. Використовуючи результати експериментів в таблиці 2.1 для випадку трифазного КЗ визначити яку величину струму покаже амперметр РА4 якщо у вторинній котушці ТА1 буде обрив.
4. Визначити фазовий зсув струму вимірюного амперметром РА4 відносно струмів, вимірюваних амперметрами РА1 і РА2 для досліду п. 1.3.
5. Використовуючи результати експериментів в табл. 2.2 для випадку трифазного КЗ визначити яку величину струму покаже амперметр РА4 якщо при складенні схеми були переплутані місцями позначки “І1” та “І2” трансформатора струму ТА1.
6. Пояснити чому в схемі “вісімки” для випадку трифазного КЗ амперметр РА4 показує більше значення струму ніж РА1 і РА3.
7. Пояснити, чому в схемі “вісімки” для випадків двофазних КЗ між фазами АВ і АС амперметр РА4 показує різні значення струму.
8. Які значення струму покажуть амперметри РА1-РА4 якщо закороткою з’єднати клеми “Л1” трансформаторів струму ТА1-ТА3.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ПЕРЕВІРКА КОМПЛЕКТУ ЗАХИСТУ ТИПУ КЗ-37

МЕТА РОБОТИ – практичне підтвердження принципів побудови максимальних струмових захистів і струмових відсічок для мереж напругою до 35 кВ, набуття навичок перевірки параметрів захистів на базі комплекту захисту КЗ-37.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКТУ

Комплект захисту призначений для побудови двоступеневого струмового захисту на оперативному змінному струмі: струмової відсічки без витримки часу і максимального струмового захисту з витримкою часу для мереж напругою 6-35кВ.

Схема (рис. 3.1) комплекту складається з п`яти струмових реле 1РТ-5РТ типу РТ-40; електромагнітного моторного реле РВ часу типу РВМ-12 з номінальними струмами спрацювання 2,5А і 5А; двох проміжних реле 1РП і 2РП з номінальними струмами спрацювання 2,5А і 5А; двох сигнальних реле 1РУ, 2РУ типу РУ-21.

Живлення схеми здійснюється від вторинних обмоток трансформаторів струму. Вихідними контактами комплекту є контакти проміжних реле РП1, РП2, які ввімкнено за схемою дешунтування котушки електромагніту вимикання УАТ1, УАТ2.

На струмових реле 4РТ, 5РТ будується схема струмової відсічки без витримки часу, на струмових реле 1РТ-3РТ – максимальний струмовий захист з витримкою часу. Контакти 1РП2, 2РП2 шунтують котушки сигнальних реле 1РУ, 2РУ для надійного утримання якоря реле 1РП, 2РП, тому що після дешунтування електромагніта УАТ1 струм у колі схеми зменшується і якір 1РП може відпасти від осердя.

Контакт 1РТ2 струмового реле РТ2 розмикає коло живлення мікродвигуна реле РВ часу у випадку двофазного короткого замикання між фазами А і С, у такому випадку реле РВМ-12 не працює.

Схема захисту працює наступним чином. У випадку виникнення міжфазних коротких замикань спрацьовують реле 4РТ, 5РТ, які замикають коло живлення проміжного реле 1РП. Котушка КV проміжного реле 1РП живиться від вторинної обмотки проміжного трансформатора струму Тр1, первинна обмотка якого ввімкнена у коло вторинних обмоток трансформаторів струму ТА1, ТА2. При спрацюванні 1РП, його контакти дешунтують котушку електромагніту вимикання УАТ1, який вимикає вимикач.

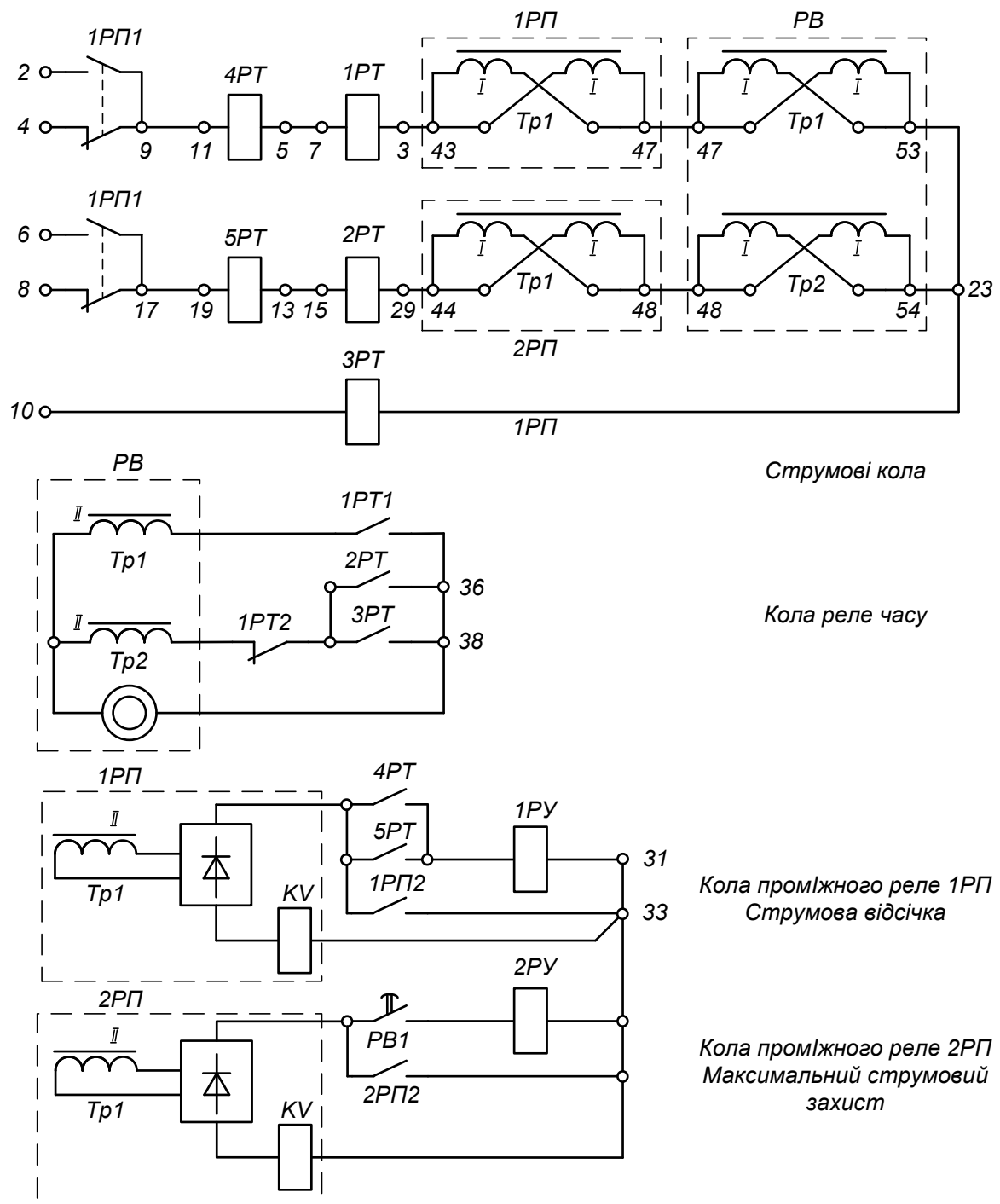


Рисунок 3.1 – Схема електрична принципова комплекту захисту типу КЗ-37

При зовнішніх коротких замиканнях на стороні 0,4 кВ або при внутрішніх коротких замиканнях у трансформаторі 10/0,4кВ спрацьовує максимальний струмовий захист на реле 1РТ, 2РТ. Контакти 1РТ1, 2РТ1 змикають коло живлення мікродвигуна М реле часу РВ. Контакт РВ1 з витримкою часу вмикає проміжне реле 2РП і останнє дешунтує електромагніт вимикання УАТ2 з наступним вимиканням силового вимикача. Струмове реле 3РТ використовують для захисту від двофазного короткого замикання через опір

землі. Уставка спрацювання струмового реле ЗРТ вдвічі менша від уставки реле 4РТ,5РТ.

ПРОГРАМА РОБОТИ І ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

На реальному зразку комплексу знайти елементи його конструкції: струмові реле, реле часу, проміжні реле і сигнальні.

Вивчити принципи дії схеми.

2 ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОМПЛЕКТА

2.1 На монтажній панелі стенда (рис. 3.2) змонтувати схему для настроювання і перевірки струмових кіл реле 4РТ, 1РТ шляхом встановлення перемичок між відповідними затискачами згідно рисунку 3.1.

Пред'явити схему викладачеві для перевірки.

2.2 Проконтролювати і, при необхідності, встановити наступне початкове положення органів регулювання (рис. 3.2):

- вимикач QF1 – вимкнений;
- повзунок реостата RP1 – у крайньому правому за схемою на рисунку 3.2 положенні;
- блінкери сигнальних реле перевести у початкове положення.

2.2 Ввімкнути QF1. Шляхом плавного переміщення повзунка реостату RP1 збільшувати струм до моменту спрацювання струмового реле 1РТ максимального струмового захисту. При цьому спрацює реле РВ часу, контакти якого спричиняють спрацювання проміжного реле 2РП і сигнального реле 2РУ. По факту спрацювання сигнального реле 2РУ випадає блінкер з білими секторами. Записати значення дійсної уставки спрацювання струмового реле 1РТ до таблиці 3.1 за показаннями амперметра РА1.

2.3 Продовжити плавно збільшувати струм до моменту спрацювання струмового реле 4РТ струмової відсічки. При цьому спрацює проміжне реле 1РП і сигнальне реле 1РУ. Записати значення дійсної уставки спрацювання струмового реле 4РТ до таблиці 3.1 за показаннями амперметра РА1.

Перевести повзунок реостату RP1 у вихідне положення. Вимкнути вимикач QF1. Блінкери сигнальних реле перевести у початкове положення.

2.4 На монтажній панелі стенда (рис. 3.2) змонтувати схему для настроювання і перевірки струмових кіл реле 5РТ, 2РТ шляхом встановлення перемичок між відповідними затискачами згідно рисунку 3.1.

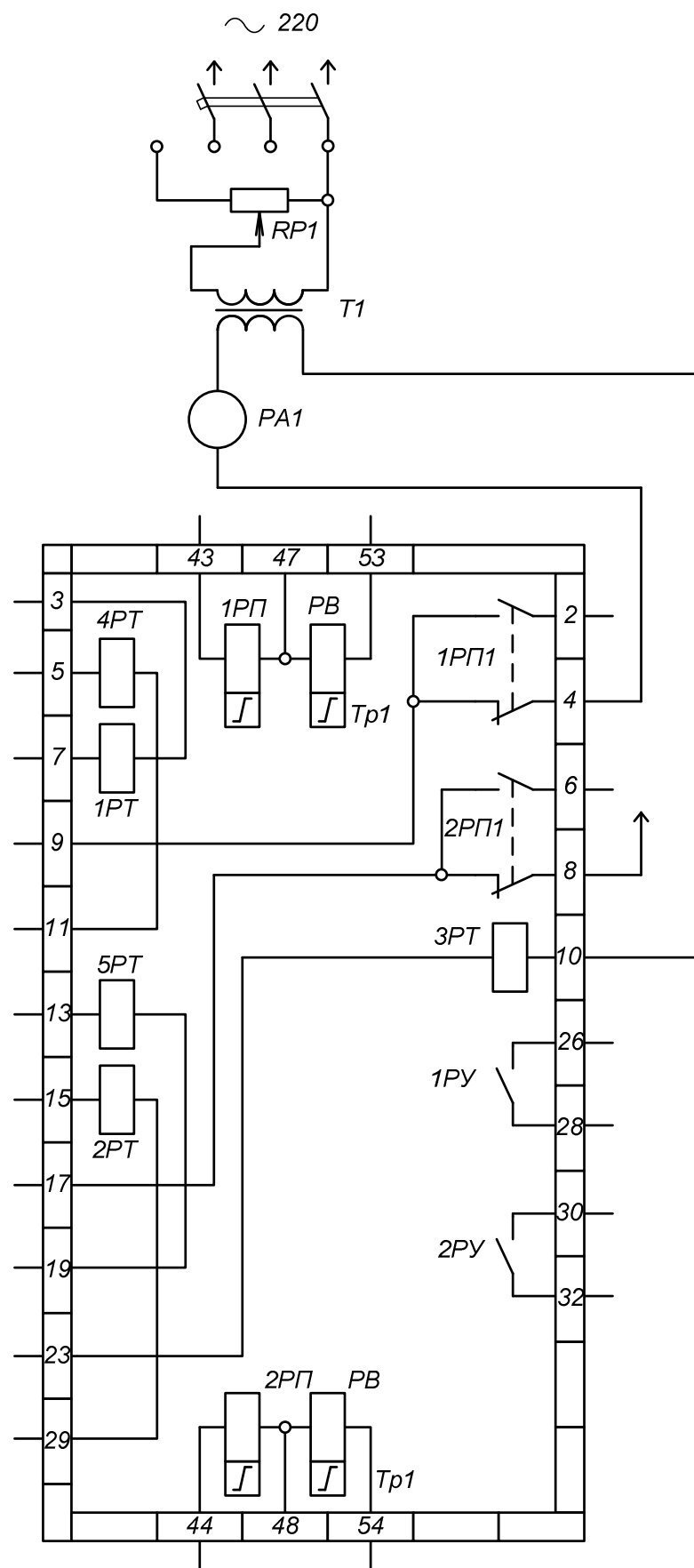


Рисунок 3.2 – Схема випробувань комплекту захисту КЗ-37

Пред'явити схему викладачеві для перевірки.

2.5 Виконати дії відповідно пунктів 2.2, 2.3, записати за показаннями амперметра значення дійсних уставок спрацювання струмових реле 2РТ, 5РТ до таблиці 3.1.

2.5 Підключити до контактів реле часу РВ секундомір. Ввімкнути QF1, та встановити струм в колі трохи більшим, ніж дійсна уставка спрацювання струмового захисту. Виключити QF1. Встановити стрілку секундоміра у нульове положення. Включити QF1 і визначити за його показаннями дійсну уставку спрацювання за часом максимального струмового захисту. Записати показання секундоміра до таблиці 3.2.

2.6 Перевести повзунок реостату RP1 у вихідне положення, вимкнути QF1.

Таблиця 3.1 – Струмові уставки спрацювання захистів

Максимальний струмовий захист			Струмова відсічка		
Уставка за шкалою, А	Дійсна уставка, А	Відносна похибка, %	Уставка за шкалою, А	Дійсна уставка, А	Відносна похибка, %
1РТ			4РТ		
2РТ			5РТ		

Таблиця 3.2 – Уставка спрацювання за часом максимального струмового захисту

Перевірка уставок за часом		
Уставка реле часу за шкалою, с	Дійсний час спрацювання, с	Відносна похибка, %

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт за виконаною роботою має містити: номер та назву роботи; мету роботи; програму роботи; накреслену схему експериментальної установки відповідно до рисунку 3.2; таблиці 3.1, 3.2 з результатами вимірів та розрахунків; висновки, що містять причинно-наслідковий аналіз досліджуваних процесів в схемі захисту.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни “Релейний захист та автоматика”. Укладач Ковальов В.М. - Харків : ХНАМГ, – 2008. С. 34 – 38.
2. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання / П.П.Говоров та ін. Навч посібник. – К.: ІЗМН, 1996. с. 32 – 34.

3. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А.Андреев. М.: Высш. шк., 2006. С 252 – 255.
4. Конспект лекцій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яка схема з'єднання струмових реле і трансформаторів струму реалізована в комплекті КЗ-37?
2. Поясніть влаштування та принцип дії струмового реле.
3. Поясніть влаштування та принцип дії проміжного реле.
4. Поясніть влаштування та принцип дії реле часу.
5. За якими ознаками можна стверджувати, що реле 1РТ, 2РТ реалізують максимальний струмовий захист?
6. Поясніть за схемою на рисунку 3.1 функціонування максимального струмового захисту комплекту КЗ-37.
7. Поясніть за схемою на рисунку 3.1 функціонування струмової відсічки комплекту КЗ-37.
8. За якими ознаками можна стверджувати, що реле 4РТ, 5РТ реалізують струмову відсічку?
9. Про спрацювання якого виду захисту показує спрацювання сигнального реле 1РУ? Відповідь пояснити за схемою на рисунку 3.1.
10. Про спрацювання якого виду захисту показує спрацювання сигнального реле 2РУ? Відповідь пояснити за схемою на рисунку 3.1.
11. Пояснити призначення максимального струмового захисту лінії 10 кВ?
12. Пояснити призначення струмової відсічки при захисті лінії 10 кВ?
13. Поясніть різницю діапазонів уставок струмових реле для реалізації струмової відсічки і максимального струмового захисту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ЗАХИСТ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ 6-35кВ

МЕТА РОБОТИ – практичне підтвердження теоретичних основ побудови захистів нульової послідовності кабельних ліній 6-35 кВ та набуття навичок експериментального визначення характеристик захистів.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Захист нульової послідовності (НП) повинен спрацьовувати при однофазних замиканнях жили кабелю на його металеву оболонку. В свою чергу, металева оболонка підключена до заземлюючого пристрою підстанції.

Захист НП реалізується на основі так званого трансформатора нульової послідовності (ТНП), магнітне осердя якого має тороїдоподібну форму. Роль первинної обмотки ТНП відіграє трифазний кабель, який пропущено через осердя ТНП. У нормальному режимі, а також в режимі дво- і трифазних коротких замикань сума миттєвих значень фазних струмів і відповідних магнітних потоків, що створюються фазними струмами, дорівнює нулю. У вторинній обмотці ТНП в таких випадках електрорухома сила ЕРС не індуктується і захист не працює.

У випадку однофазного замикання однієї з жил кабелю на його металеву оболонку з'являється струм ємнісного характеру, який протікає наступним електричним колом: пошкоджена жила кабелю - металева оболонка кабелю - провідник заземлення металевої оболонки - заземлюючий пристрій.

Для правильної роботи захисту провідник заземлення металевої обмотки має бути проложеним через вікно осердя ТНП і приєднаним до заземлюючого пристрою на підстанції (рис. 4.1). У цьому випадку сума магнітних потоків від ємнісних струмів, що протікають по пошкодженій жилі кабеля, металевій оболонці і провіднику заземлення буде більша нуля і захист спрацює.

Через металеві оболонки непошкоджених кабельних ліній також протікають ємнісні струми, але оскільки вказані струми через заземлюючий провідник і металеву оболонку у вікні осердя ТНП спрямовані у протилежних напрямках, то результуючий магнітний потік дорівнює нулю і захист непошкоджених кабельних ліній не діє.

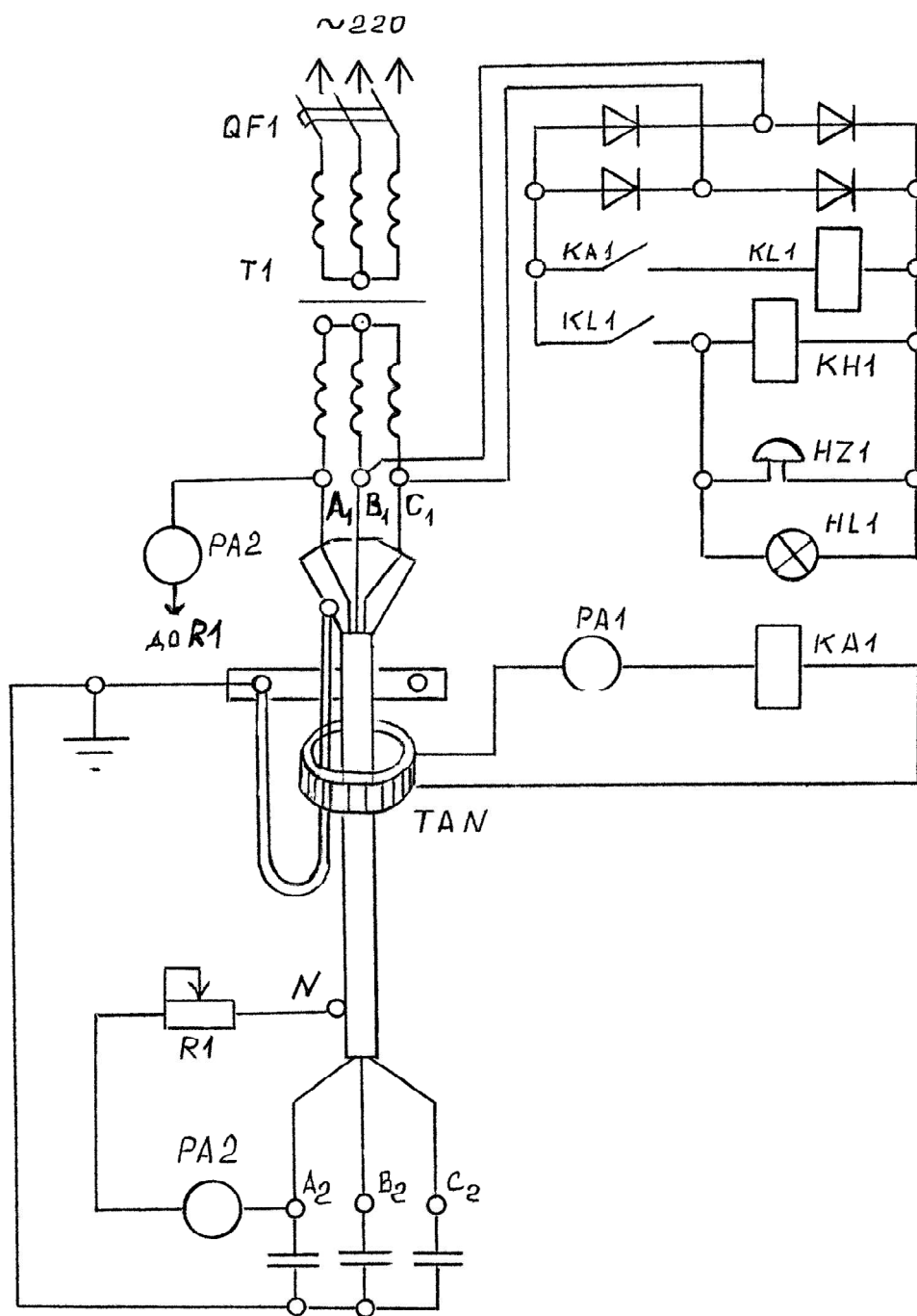


Рисунок 4.1 – Схема лабораторного стенда

ПРОГРАМА РОБОТИ І ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРА НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

1.1 Створити режим однофазного короткого замикання фази А кабелю на його металеву оболонку. Для цього перемичку з реостатом і амперметром PA2 підключити на клему "A2" (жила кабелю) і на клему N (оболонка кабелю) як показано на рисунку 4.1.

Пред'явити схему викладачеві для контролю.

1.2 Повзунок реостата R1 встановити приблизно посередині і ввімкнути QF1. Зняти залежність вторинного струму ТНП від первинного струму ТНП. Для цього шляхом плавного переміщення повзунка реостату R1 змінювати первинний струм ТНП в діапазоні приблизно від 3 А до 10 А (контроль за амперметром РА2) і фіксувати відповідні значення вторинного струму за міліамперметром РА1. Задokumentувати значення первинного струму, при якому спрацює звукова сигналізація

Результати експерименту занести до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність вторинного струму ТНП від струму однофазного замикання

Струм однофазного замикання на землю, А	5	6				
Вторинний струм ТНП, мА						
Коефіцієнт трансформації ТНП						

1.3 Перевести регульовальний реостат в положення максимального опору, виключити QF1.

За результатами дослідів побудувати графік залежності вторинного струму ТНП від первинного.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛОЖЕННЯ ЗАЗЕМЛЮЮЧОГО ПРОВІДНИКА НА РОБОТУ ЗАХИСТУ

2.1 Повзунок реостата R1 встановити приблизно посередині і ввімкнути QF1. Реостатом R1 збільшити струм до порогу спрацювання захисту (приблизно 10 А). Записати покази приладів до таблиці 4.2 для положення заземлюючого провідника "у вікні осердя".

Вимкнути QF1.

Таблиця 4.2 – Результати перевірки роботи захисту при зміні положення заземлюючого провідника

Положення заземлюючого провідника:	Струм однофазного замикання на землю, А	Вторинний струм ТНП, мА	Факт спрацювання захисту
1) у вікні осердя	10		
2) за вікном осердя	10		

2.2. Витягнути заземлюючий провідник з вікна осердя ТНП і підключити його до клеми заземлення на кабельній воронці. Виконати дослід аналогічно п

2.1, записати результати досліду до таблиці 6.2 для положення заземлюючого провідника "за вікном осердя".

3 ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛОЖЕННЯ ЗАЗЕМЛЮЮЧОГО ПРОВІДНИКА НА РОБОТУ ЗАХИСТІВ НЕПОШКОДЖЕНИХ ЛІНІЙ

3.1 Створити режим протікання ємнісного струму по оболонці непошкоджених кабельних ліній при однофазному замиканні жили пошкодженого кабеля на його оболонку. Для цього відключити провідник з амперметром РА2 від клеми А2 і підключити його до клеми А1. Повзунок реостат R1 встановити посередині і ввімкнути QF1. Реостатом R1 встановити струм 10 А за амперметром РА2. Записати при цьому покази амперметрів РА1 і РА2 і факт спрацювання захисту до таблиці 4.3 у відповідну строку. Вимкнути QF1.

Таблиця 4.3 – Результати перевірки впливу положення заземлюючого провідника на роботу захистів непошкоджених кабельних ліній

Положення заземлюючого провідника:	Струм однофазного замикання на землю, А	Вторинний струм ТНП, mA	Факт спрацювання захисту
1) у вікні осердя	10		
2) за вікном осердя	10		

3.2 Витягнути заземлюючий провідник з вікна осердя ТНП і підключити його до клеми заземлення на кабельній воронці. Виконати дослід аналогічно п 3.1, записати результати досліду до відповідної строки таблиці 4.3. Вимкнути QF1.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗАХИСТУ ПРИ ДВОФАЗНИХ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ

4.1 Проконтролювати прокладку і підключення заземлюючого провідника оболонки кабелю відповідно до рисунку 4.1 і, при необхідності, відновити підключення. Створити режим двофазного к. з., встановивши перемичку з амперметром РА2 і реостатом R1 між клемми "А2" і "В2".

Пред'явити схему викладачеві для контролю.

4.2 Ввімкнути QF1, встановити реостатом R1 струм двофазного к. з. 10 А. Переконались, що захист не спрацює. Перевести реостат в режим максимального опору, вимкнути QF1.

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт за виконаною роботою має містити: номер та назву роботи; мету роботи; програму роботи; накреслену схему експериментальної установки відповідно до рисунку 4.1; заповнені таблиці 4.1-4.3 з результатами вимірів; графік залежності вторинного струму ТНП від струму однофазного замикання, висновки, що містять причинно-наслідковий аналіз за розділами 1-4 програми роботи.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни “Релейний захист та автоматика”. Укладач Ковальов В.М. - Харків : ХНАМГ, – 2008. С. 83 – 86.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А.Андреев. М.: Высш. шк., 2006. С 272 – 279, 281 – 283.
3. Конспект лекцій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Поясніть влаштування та принцип дії ТНП.
2. Поясніть роботу захисту при положенні заземлюючого провідника у вікні осердя.
3. Поясніть роботу захисту при положенні заземлюючого провідника поза вікном осердя.
4. Поясніть явища за розділом 3 програми роботи
5. З якою метою провід заземлення оболонки кабелю пропускають через осердя ТНП?
6. Чому при двофазному к. з. захист не працює?
7. Чому захист нульової послідовності не діє на відключення лінії?
8. Чому струм однофазного замикання має ємнісний характер?
9. Від чого залежить значення струму однофазного замикання в кабельних мережах 6-35 кВ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ЗАХИСТ ТРАНСФОРМАТОРА НА РЕЛЕ РНТ-565

МЕТА РОБОТИ – засвоїти методику розрахунку і принцип побудови схем диференціального захисту трансформаторів на основі реле РНТ-565.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА НА РЕЛЕ РНТ-565

Застосування реле РНТ-565 дозволяє компенсувати струм небалансу в схемах диференціальних захистів з метою підвищення коефіцієнта чутливості захисту за рахунок зменшення уставки його спрацьовування. Розглянемо будову РНТ-565.

Реле (рис. 5.1) складається з проміжного трансформатора (ПТ) (в літературі

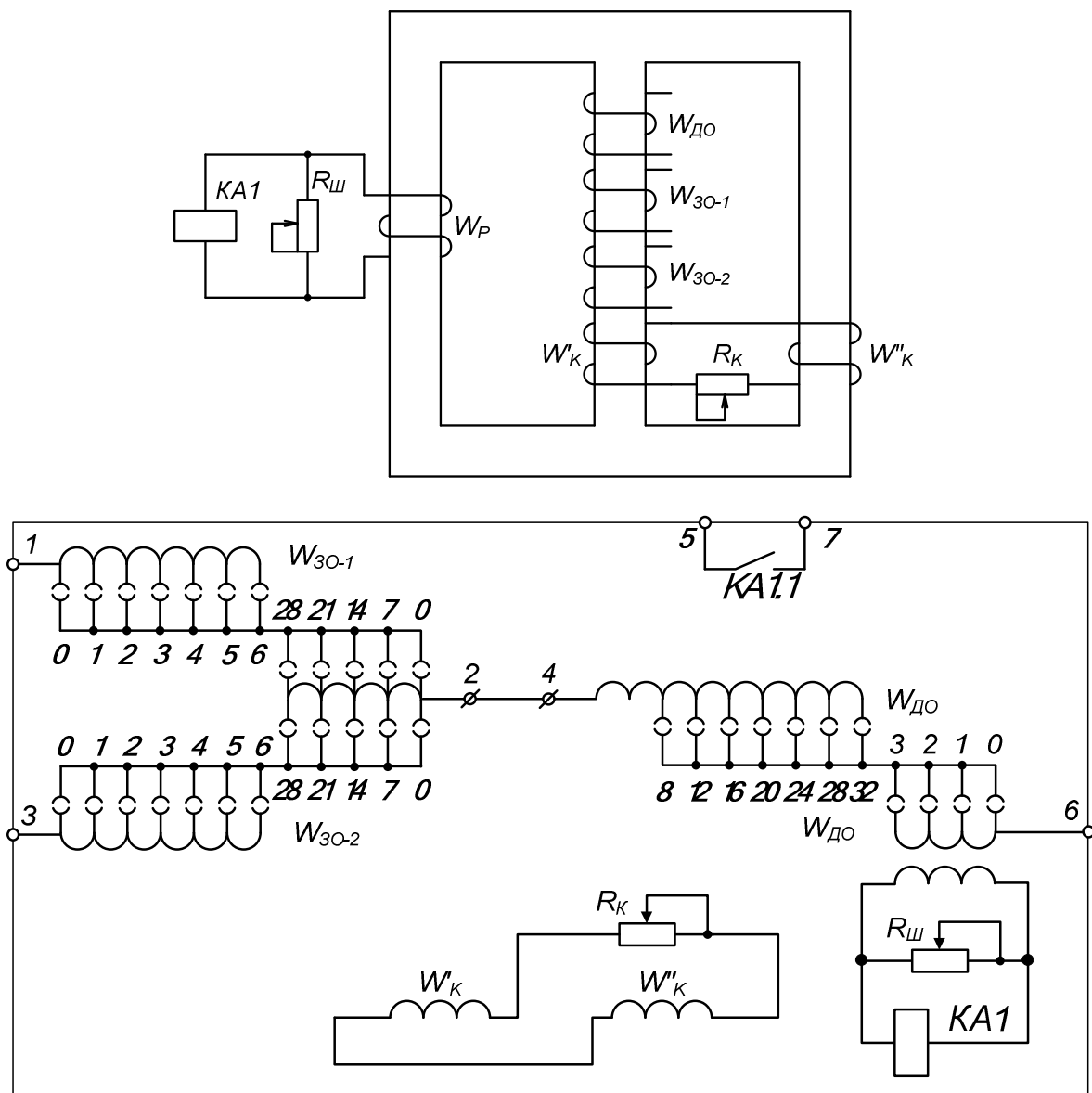


Рисунок 5.1 – Конструкція і внутрішня схема реле РНТ-565

з релейного захисту його називають швидконасихуванням), виконавчого органу КА1 – струмове реле РТ 40/0,2 зі струмом спрацювання 0,17А і напругою 3,6 В, змінного резистора $R_{ш}$ ввімкненого паралельно котушці реле КА1 і призначеного для плавного регулювання струму спрацювання реле, змінного резистора R_k для відстроювання спрацювання реле від кидка струму намагнічування силового трансформатора та замикаючого контакту КА1 (клеми 5-7).

Магнітна система ПТ виконана тристрижневою. На середньому стрижні розташовані первинні обмотки ПТ – диференціальна W_d , дві зрівняльних W_{30-1} та W_{30-2} і перша секція короткозамкненої обмотки W'_k . На лівому стрижні ПТ розташована вторинна (робоча) обмотка W_p , до якої підключена обмотка виконавчого реле КА1. На правому стрижні розташована друга секція короткозамкненої обмотки W''_k .

Ступеневе регулювання струму $I_{с.р.}$ спрацювання реле відбувається зміною кількості витків диференціальної обмотки за формулою $I_{ср} = 100 / W_d$, а плавне – регулюванням резистора $R_{ш}$ або регулюванням протидіючої пружини виконавчого реле КА1 за допомогою показчика, розташованого на його панелі.

Диференціальна обмотка (ДО) живиться від вторинних обмоток двох трансформаторів струму, напрямки струмів яких в ДО протилежні, тобто по ДО протікає різниця двох струмів, яка в нормальному режимі повинна дорівнювати нулю, тобто $I_1 - I_2 = 0$, або $I_1 W_{до} - I_2 W_{до} = 0$. Реально це неможливо, бо трансформатори струму мають відхилення коефіцієнтів трансформації від необхідних, їх вторинні струми мають фазовий зсув. Тоді через ДО протікає так званий струм небалансу $I_{нб} = I_1 - I_2$ і створює магніторушійну силу (МРС) небалансу $F_{нб}$ згідно з законом повного струму, тобто

$$F_{нб} = I_{нб} W_{до} = I_1 W_{до} - I_2 W_{до} > 0,$$

яка може спричинити помилкове спрацювання реле в нормальному режимі. Для запобігання цьому використовують зрівняльну обмотку W_{30-1} , по якій протікає струм, наприклад I_2 і створює додаткову магніторушійну силу, щоб виконувалась рівність $I_1 W_d - I_2 (W_{до} + W_{30}) = 0$, звідки одержимо необхідну кількість витків зрівняльної обмотки для компенсації струму небалансу

$$W_3 = W_{до}(I_1 - I_2) / I_2.$$

Методика розрахунку диференціального захисту полягає у визначенні кількості витків проміжного трансформатора реле РНТ-565 і схеми вмикання зрівняльної обмотки за відомою уставкою спрацьовування реле.

Вмикання зрівняльної обмотки W_{30-1} у вторинне коло трансформаторів струму на боці високої напруги ТАВН чи трансформаторів струму на боці низької напруги ТААН визначається знаком нерівності їх вторинних струмів. Якщо в режимі трифазного короткого замикання за силовим трансформатором

вторинний струм $I_{2ТАНН}^{(3К)}$ трансформатора струму ТАНН більший за вторинний струм $I_{2ТАВН}^{(3К)}$ трансформатора струму ТАВН, тобто $I_{2ТАНН}^{(3К)} > I_{2ТАВН}^{(3К)}$, то зрівняльну обмотку W_{30-1} вмикають в коло ТАВН, а кількість витків обмоток диференціальної $W_{ДО}$ і зрівняльної W_{30-1} визначають за формулами

$$W_{ДО} = \frac{100 I_{2ТАВН}^{(3К)}}{I_{С.Р.} I_{2ТАНН}^{(3К)}} \quad (5.1)$$

$$W_{30-1} = \frac{100 I_{2ТАНН}^{(3К)} - I_{2ТАВН}^{(3К)}}{I_{С.Р.} I_{2ТАНН}^{(3К)}} \quad (5.2)$$

Якщо $I_{2ТАВН}^{(3К)} > I_{2ТАНН}^{(3К)}$, то зрівняльну обмотку вмикають у вторинне коло ТАНН. Кількість витків обмоток при цьому визначається за формулами:

$$W_{ДО} = \frac{100}{I_{С.Р.}} \quad (5.3)$$

$$W_{30-1} = \frac{100 I_{2ТАВН}^{(3К)} - I_{2ТАНН}^{(3К)}}{I_{С.Р.} I_{2ТАНН}^{(3К)}} \quad (5.4)$$

При отриманні дрібної кількості витків обмоток це число слід округляти до цілого числа за законами округлення.

Струм небалансу визначається за формулою

$$I_{НБ} = I_{2ТАВН}^{(3К)} - I_{2ТАНН}^{(3К)} \quad (5.5)$$

Уставка спрацювання реле РНТ-565 визначають за формулою

$$I_{С.Р.} = 1,2 I_{НБ} \quad (5.6)$$

Результати розрахунку диференціального захисту зводяться до таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку диференціального захисту на реле РНТ-565

Назва параметрів	Формула для обчислення	Числове значення
Вторинний струм $I_{2ТАВН}$ трансформатора струму на стороні ВН, $K_{ТАВН} = 2,5/5 = 1/2$ – збільшення струму	Вимірюється	
Вторинний струм $I_{2ТАНН}$ трансформатора струму на стороні НН, $K_{ТАНН} = 15/5 = 3$ зменшення струму	Вимірюється	
Струм небалансу	(5.5)	
Уставка спрацювання реле РНТ-565	(5.6)	
Розрахункова кількість витків диференціальної обмотки	(5.1), (5.3)	
Прийнята кількість витків диференціальної обмотки	–	
Розрахункова кількість витків зрівняльної обмотки	(5.2), (5.4)	
Прийнята кількість витків зрівняльної обмотки	–	

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ РНТ-565

1.1 Скласти схему за рисунком 5.2 і виміряти вторинні струми трансформаторів струму ТАВН і ТАНН при зовнішньому к.з., замкнувши перемичкою клему "а" силового трансформатора з клемою "15 А" трансформатора струму ТАНН. Записати покази амперметрів в таблиці 5.1. Вимкнути QF1.

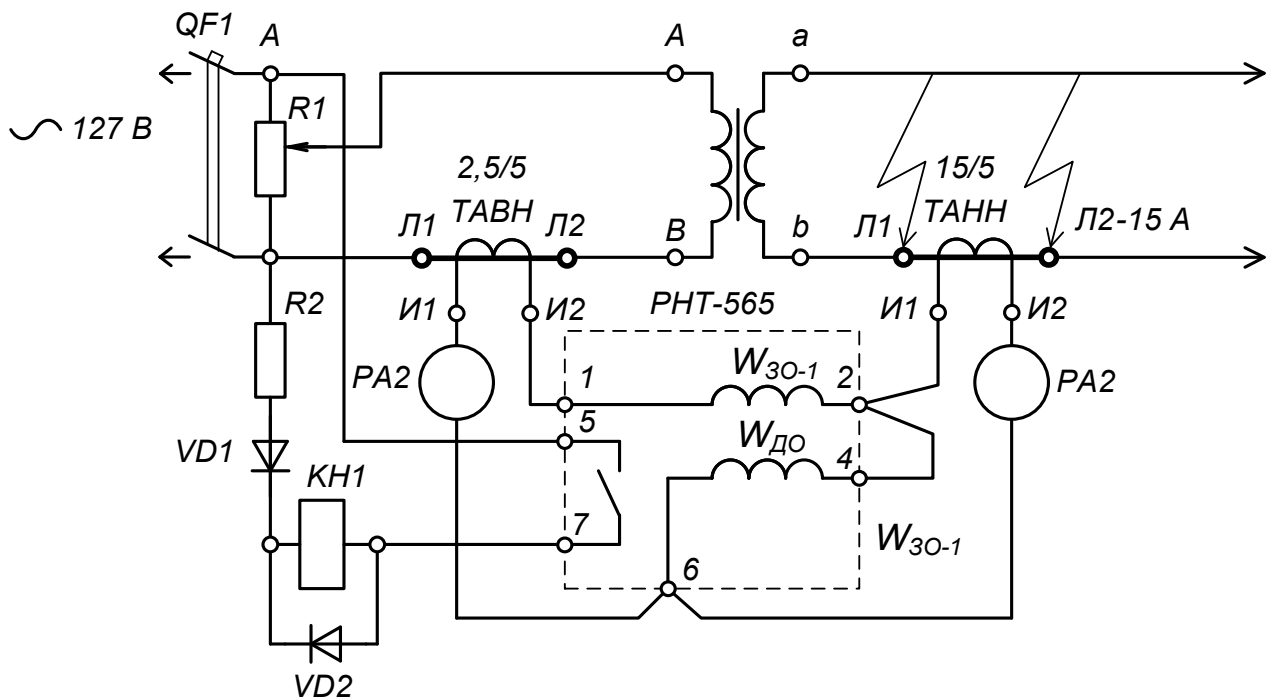


Рисунок 5.2 – Схема лабораторного стенду

1.2 За даними вимірювань струмів розрахувати струм небалансу, уставку спрацювання реле та кількість витків зрівняльної і диференціальної обмоток проміжного трансформатора. Результати розрахунків записати в таблицю 5.1.

1.3 На контактних планках реле РНТ-565, розташованих на його передній частині за допомогою контактних гвинтів встановити прийняту кількість витків зрівняльної і диференціальної обмоток згідно з його внутрішньою електричною схемою.

2 ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗАХИСТУ

2.1 Ввімкнути QF1, створити зовнішнє коротке замикання (к. з.), замкнувши перемичкою клему "а" силового трансформатора з клемою "15 А" трансформатора струму ТАНН. Записати покази амперметрів в таблицю 5.2. Вимкнути QF1.

2.2 Ввімкнути QF1. Створити внутрішнє к. з., замкнувши перемичкою клему "а" силового трансформатора з клемою "Л1" трансформатора струму ТАНН. Записати покази амперметрів в таблицю 5.2. Вимкнути QF1.

Таблиця 5.2 – Результати перевірки захисту

Режими короткого замикання	Вторинний струм ТАВН, А	Вторинний струм, ТАНН, А	Струм обмотки реле, А
Зовнішнє коротке замикання			
Внутрішнє к. з. на обмотках НН			

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт за виконаною роботою має містити: номер та назву роботи; мету роботи; програму роботи; схему експериментальної установки відповідно до рисунку 5.2; таблиці 5.1, 5.2; висновки, що містять причинно-наслідковий аналіз досліджуваних процесів і явищ в схемі захисту; письмові відповіді на контрольні запитання.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни "Релейний захист та автоматика". Укладач Ковальов В.М. - Харків : ХНАМГ, – 2008. С 61 – 64.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А.Андреев. М.: Высш. шк., 2006. С 498 – 509.
3. Конспект лекцій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвати елементи конструкції реле РНТ-565.
2. Пояснити роль зрівняльної обмотки в конструкції реле РНТ-565.
3. Накреслити на схемі напрямки струмів в обмотках ТАВН і ТАНН.
4. Пояснити, як чином розраховують струму небалансу.
5. У чому полягає розрахунок диференціального захисту на реле РНТ-565?
6. Як встановлюється струм спрацювання реле РНТ-565?
7. Пояснити відмінності зовнішнього к.з. від внутрішнього к.з.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

ПОПЕРЕЧНИЙ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ЗАХИСТ ЛІНІЙ

МЕТА РОБОТИ – практичне підтвердження теоретичних положень, покладених в основу побудови поперечного диференціального направленого захисту паралельних ліній.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Згідно з вимогами “Правил улаштування електроустановок (ПУЕ)” на приймальному кінці двох паралельних ліній з одностороннім живленням, як правило, повинен використовуватись поперечний диференціальний напрямлений захист (ПДНЗ). Для побудови ПДНЗ використовується реле напрямку потужності типу РБМ, яке складається (рис. 6.1) з магнітного осердя (статора) 1 з двома парами полюсів і ротора 3 з контактами. На одній парі полюсів розміщена котушка 4 напруги, на другій – котушка 5 струму. Котушка струму вмикається, наприклад, у фазу А, котушка напруги в цьому випадку вмикається на лінійну напругу між фазами В і С. Таким чином, між струмами в котушках струму та напруги (а, відповідно, і між магнітними потоками Φ_U та Φ_I) з'являється фазовий зсув, що є причиною появи у магнітному зазорі реле обертового магнітного поля. Обертове магнітне поле є причиною появи у роторі 3 реле вихрових струмів, що які у взаємодії з магнітним полем створюють обертовий механічний момент, завдяки якому ротор обертається у напрямку відстаючого магнітного поля. У нормальному режимі або при зовнішньому к. з. обертовий момент діє на розмикання контактів, а при внутрішньому к. з. струм у котушці струму змінює напрямок і обертовий момент діє на ротор у напрямку на замикання контактів.

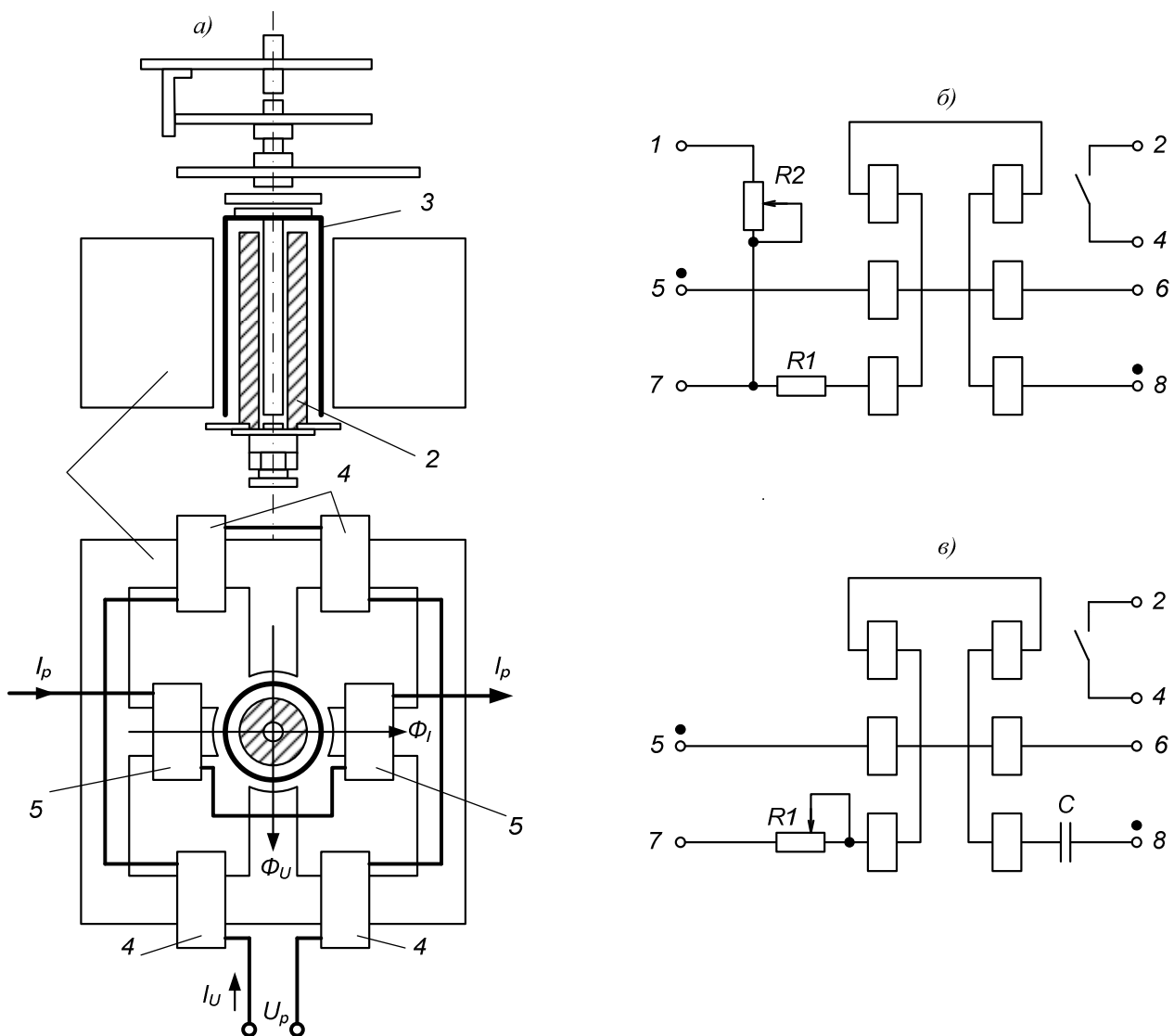


Рисунок 6.1 – Влаштування реле РБМ

ПРОГРАМА РОБОТИ І ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1. ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗАХИСТУ

1.1 Переконайтесь, що вимикач QF1 знаходиться у вимкненому стані. Проконтролювати і, при необхідності, встановити органи управління "Випробувача струмкових захистів ВСЗ" у наступне вихідне положення: П1 у положення "ВКЛ", П2 – "~", П3 – "220", П4 – "ПТЦ", П5 – "0", П6 – "АВ2", повзунок реостату – в нижньому крайньому положенні, регулювальні гайки загвинчені у положеннях 1, 2, 3, 4, 5, 6. Блінкери сигнальних реле перевести у піднятий стан.

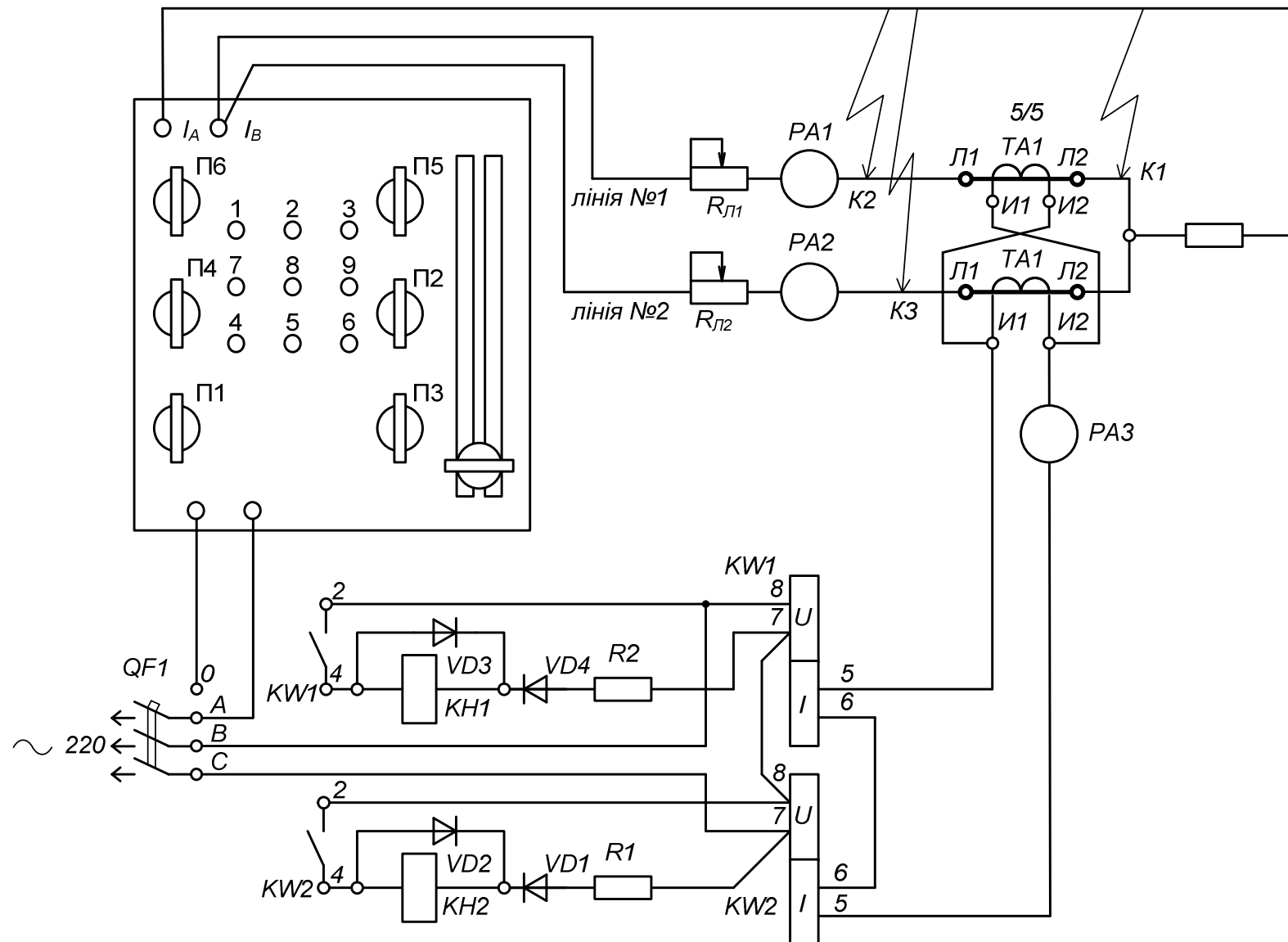


Рисунок 6.2 – Схема лабораторної установки

Зібрати схему експерименту відповідно до рисунку 6.2 та пред'явити її для контролю викладачеві.

1.2 Ввімкнути QF1. Повзунком реостата випробувача ВС3 встановити в кожній з ліній значення струмів 1 А за амперметрами РА1, РА2. При необхідності вирівняти струми в лініях реостатами R1, R2.

1.3 Створити за допомогою перемички зовнішнє коротке замикання (точка К1 на схемі). Записати покази амперметрів в таблицю 6.1. Якщо відбувається спрацювання реле РБМ необхідно точніше вирівняти струми в лініях реостатами R1, R2.

1.4 Створити по чергово внутрішні короткі замикання на лініях (точки К2 і К3) і записати покази амперметрів в таблицю 6.1, враховуючи те, що коефіцієнт трансформації ТА1 і ТА2 дорівнює 1, тобто 5/5.

Таблиця 6.1 – Експериментальна перевірка захисту

Тип короткого замикання	Вторинний струм ТА1, А	Вторинний струм ТА2, А	Струм у струмовій обмотці реле РБМ, А	Номер сигнального реле, що спрацювало
Зовнішнє к. з. (точка К1)				
Внутрішнє к. з. (точка К2)				
Внутрішнє к. з. (точка К3)				

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт за виконаною роботою має містити: номер та назву роботи; мету роботи; програму роботи; накреслену схеми експериментальної установки відповідно до рисунка 6.2; таблицю 6.1 з результатами вимірів; векторні діаграми струмів в трансформаторах струму при КЗ в точках К1, К2, К3; висновки, що містять причинно-наслідковий аналіз досліджуваних процесів в схемі.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни “Релейний захист та автоматика”. Укладач Ковальов В.М. - Харків : ХНАМГ, – 2008. С. 50 – 53.

2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А.Андреев. М.: Высш. шк., 2006. с. 98 – 102, 328 – 335.

3. Конспект лекций.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Пояснити призначення реле напрямку потужності.
2. Як візуально визначити обмотки напруги і обмотки струму реле напрямку потужності.
3. Пояснити умови виникнення обертального моменту в роторі реле напрямку потужності.
4. Що таке "власний кут реле"?
5. Пояснити наявність струму небалансу.
6. Накреслити на схемі напрямки струмів в обмотках ТА1 і ТА2 і струмовій обмотці реле при КЗ в точці К1.
7. Накреслити на схемі напрямки струмів в обмотках ТА1 і ТА2 і струмовій обмотці реле при КЗ в точці К2.
8. Накреслити на схемі напрямки струмів в обмотках ТА1 і ТА2 і струмовій обмотці реле при КЗ в точці К3.
9. З якою метою на струмову обмотку реле напрямку потужності подається струм від фази А, а на обмотку напруги лінійна напруга від фаз ВС?
10. Пояснити причину неспрацювання диференціального захисту при зовнішніх к. з.
11. За експериментальними даними нарисувати в масштабі векторну діаграму первинних та вторинних струмів трансформаторів струму ТА1 і ТА2.
12. За експериментальними даними визначити струм через амперметр РА3 при зовнішньому к.з., якщо при монтажі схеми будуть переплутані клеми вторинної обмотки трансформатора струму ТА2.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7. ПЕРЕВІРКА РЕЛЕ ТИПУ РПВ-58 ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ПОВТОРНОГО ВМИКАННЯ ЛІНІЙ

МЕТА РОБОТИ – експериментальне дослідження принципу дії та параметрів реле повторного вмикання типу РПВ-58.

ВЛАШТУВАННЯ І РОБОТА РЕЛЕ РПВ-58

У багатьох випадках короткі замикання, що відбуваються в лініях електропередач, виникають з чинників, які самоусуваються (наприклад, внаслідок погодних впливів). Тому з метою підвищення надійності електропостачання застосовують такий вид релейної автоматики, який називають "автоматичне повторне вмикання" (АПВ). Суть АПВ полягає в тому, що після вимикання лінії релейним захистом через деяку витримку часу відбувається одноразове автоматичне повторне вмикання лінії під напругу. Якщо причина короткого замикання зникла, то лінія при цьому залишиться в роботі і релейний захист не спрацює. В такому випадку АПВ називають успішним і вжиття заходів для відновлення працездатності лінії не проводиться. АПВ значно підвищує надійність електропостачання, тому його застосування необхідне для забезпечення електропостачання споживачів 1-ї категорії і рекомендоване для електропостачання споживачів 2-ї категорії. Спрацьовування АПВ відбувається через 0,5-1,5 секунди після вимикання лінії.

Основним елементом схеми АПВ є комплектне реле типу РПВ-58, схема якого показана на рисунку 7.1. Схема містить в собі такі елементи:

- реле часу КТ1 для створення витримки часу перед повторним вмиканням лінії під напругу;
- резистор R2 (номіналом 1,1 МОм) і конденсатор С (номіналом 20 мкФ), які забезпечують однократне спрацьовування реле РПВ-58 з витримкою часу для автоматичного повернення схеми реле в початковий стан після успішного АПВ та при підключенні реле під напругу;
- проміжне реле КЛ1 з двома котушками: перша котушка КЛ1-У напруги підключається паралельно конденсатору С контактом КТ1.2 при спрацьовуванні реле КТ1 часу; друга котушка КЛ1-І струму забезпечує утримання якоря реле КЛ1 у притягнутому стані після розряду конденсатора С;
- резистор R1 (номіналом 1 кОм) у колі котушки КТ1 для обмеження струму через котушку КТ1 після спрацювання реле часу КТ1;
- резистор R3 (номіналом 510 Ом) для запобігання спрацювання реле РПВ-58 при ручному вимиканні вимикача оперативним персоналом.

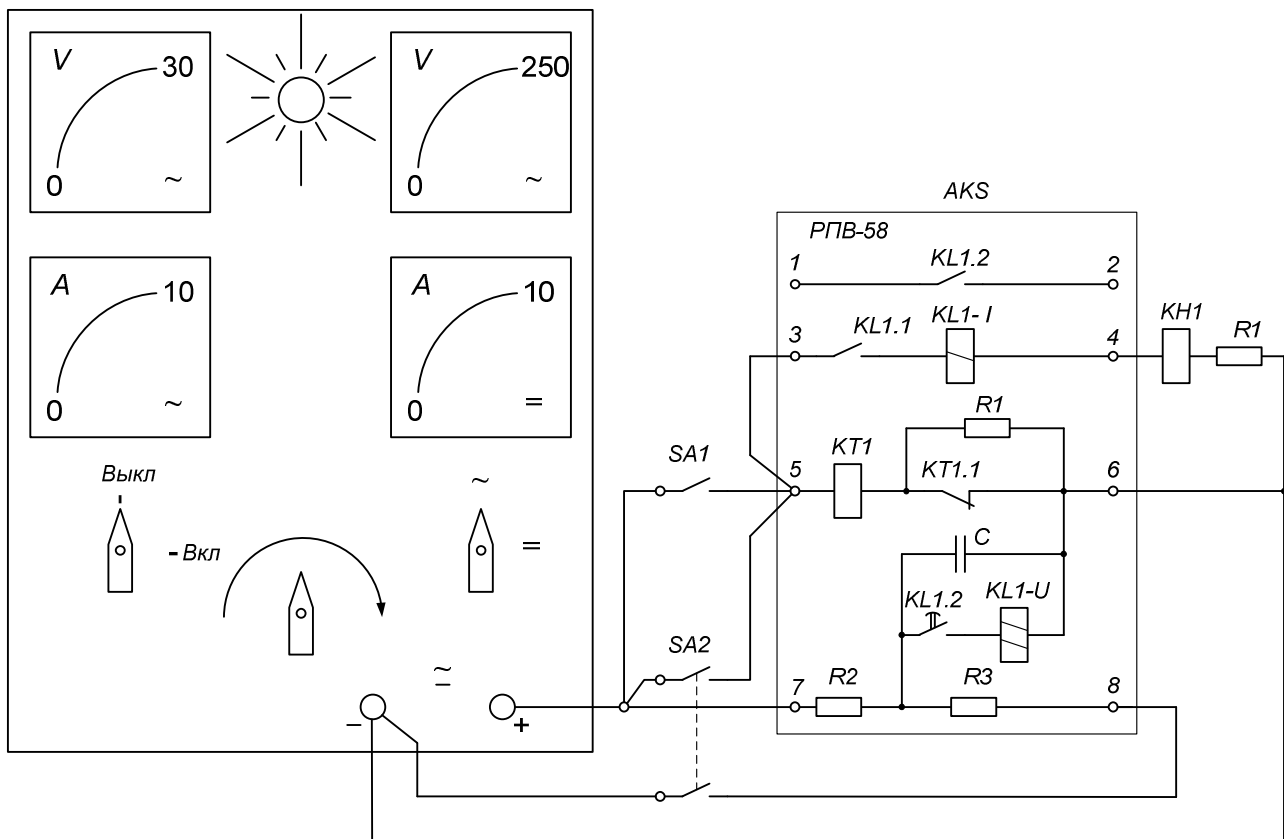


Рисунок 7.1 – Схема лабораторного стенда для перевірки реле РПВ-58

Принцип дії реле полягає в наступному. При вмиканні реле під напругу 100 В постійного струму конденсатор С заряджається через резистор R2 до напруги 100 В протягом 20 – 30 секунд, після чого реле РПВ-58 буде готове до дії. При спрацюванні релейного захисту на клему 5 реле РПВ-58 подається напруга +100 В, реле часу КТ1 спрацьовує і його контакт КТ1.2 замикається з витримкою часу, підключаючи до котушки напруги КЛ1-У проміжного реле КЛ1 конденсатор С. За час розрядження конденсатора якорь проміжного реле КЛ1 притягується до осердя і замикається контакт КЛ1-1 у колі котушки КЛ1-І, яка утримує якорь притягнутим до осердя після розрядження конденсатора. Контакт КЛ1-2 дає сигнал на повторне вмикання лінії під напругу і спрацьовує сигнальне реле КН1. Після вмикання лінії під напругу з клемми 5 реле РПВ-58 знімається напруга +100 В і конденсатор С заряджається через резистор R2. При успішному АПВ лінія залишається в роботі.

Якщо лінія вмикається на стійке коротке замикання, то при спрацюванні релейного захисту на клему 5 реле РПВ-58 знову подається напруга +100 В, реле КТ1 часу знову спрацьовує і його контакт КТ1.2 замикається з витримкою часу, підключаючи до котушки напруги КЛ1-У проміжного реле КЛ1 конденсатор С, але реле КЛ1 не спрацює, тому що конденсатор С не встигне зарядитися до напруги 100 В.

При ручному вимиканні вимикача подається напруга +100 В на клему 5 реле РПВ-58 і напруга -100 В на клему 8, при цьому конденсатор С розрядиться через резистор R3 до того як спрацює контакт КТ-1.2. Тому реле КЛ1 не спрацює.

ПРОГРАМА РОБОТИ І ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РЕЛЕ РПВ-58.

На реальному зразку реле РПВ-58 знайти елементи його конструкції перелічені в загальних положеннях і показані на схемі рисунка 7.1.

Вивчити роботу реле РПВ-58 у всіх режимах його роботи.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЛЕ РПВ-58 В РЕЖИМІ АВТОМАТИЧНОГО ПОВТОРНОГО ВМИКАННЯ

2.1 Скласти схему для перевірки згідно з рисунком 7.1. Пред'явити схему для перевірки викладачеві. Початкове положення елементів схеми таке: вимикач В1 блоку живлення у положенні ВІКЛ, перемикач виду напруги в положенні "=", рукоятка регулятора напруги повернута проти годинникової стрілки до упору.

2.2 Ввімкнути вимикач блоку живлення В1, повертаючи ручку регулятора за годинниковою стрілкою встановити за вольтметром вихідну напругу блока живлення на рівні 100 В.

2.3 Перевірити роботу реле в режимі АПВ, коли релейний захист відключає силовий вимикач, і одночасно подає напругу 100 В на клему 5 реле РПВ-58 (див. рис. 7.1). Для імітації цього режиму ввімкнути тумблер SA1. При цьому спрацює реле часу КТ1 і з витримкою часу проміжне реле КЛ1, яке дає сигнал на повторне вмикання вимикача, і спрацює сигнальне реле КН1.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЛЕ РПВ-58 В РЕЖИМІ ОДНОКРАТНОГО АВТОМАТИЧНОГО ПОВТОРНОГО ВМИКАННЯ

3.1 Якщо при повторному вмиканні лінії релейний захист знову її вимикає і подає сигнал на клему 5, то реле РПВ-58 не повинно спрацювати. Для перевірки однократності спрацювання реле РПВ-58 необхідно вимкнути і відразу ввімкнути тумблер SA1. При цьому спрацює лише реле КТ1, а проміжне реле КЛ1 спрацювати не буде.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЛЕ РПВ-58 В РЕЖИМІ РУЧНОГО ВИМИКАННЯ ВИМИКАЧА

4.1 При ручному вимиканні силового вимикача реле РПВ-58 не повинно спрацювати. Для цього на клему 8 подається напруга "–100 В" від ключа вимикання. Для імітації ручного вимикання силового вимикача необхідно вимкнути тумблер SA1 і ввімкнути тумблер SA2. При цьому спрацює лише реле КТ1, а проміжне реле KL1 спрацьовувати не буде

4.2 Повернути регулятор у положення проти годинникової стрілки до упору, вимкнути вимикач В1 на блоці живлення. Розібрати монтажну схему.

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконання лабораторної роботи виконують на подвійному аркуші учнівського зошиту. Він повинен вміщувати наступне: назва роботи, мета роботи, схема згідно рисунком 7.1, письмові відповіді на контрольні запитання.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Пояснити принцип дії реле в режимі автоматичного повторного вмикання.
2. Пояснити принцип однократної дії автоматичного повторного вмикання.
3. Пояснити, чому реле РПВ-58 не спрацьовує при ручному вимиканні силового вимикача?
4. Пояснити, чому використання АПВ необхідне при живленні споживачів 1-ї категорії?
5. Пояснити призначення резистора R1 (1 кОм) у колі котушки КТ-1.
6. Пояснити принцип дії проміжного реле KL1 з двома котушками.
7. Пояснити, як реалізується заборона спрацювання реле РПВ-58 при ручному оперативному вимиканні вимикача.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання. / П.П. Говоров, Г.А. Сендерович, В.Ф. Соколов та ін. Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1996. – 288 с.
2. Конспект лекцій з дисципліни "Релейний захист та автоматика (для студентів 4 курсу денної та 4, 5 курсів заочної форми навчання з спеціальності 6.090603 – Електротехнічні системи електроспоживання" і 6.050701 – "Електротехніка та електротехнології") /Укл. Ковальов В.М. – Харків: ХНАМГ, – 2008. – 108 с.
3. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Релейний захист та автоматика(для студентів 4 і 5 курсів заочної форми навчання, 2 курсу другої вищої освіти заочної форми навчання напряму 6.050701 "Електротехніка та електротехнології" (0906 - "Електротехніка") зі спеціальності „Електротехнічні системи електроспоживання” та 4 курсу денної форми навчання зі спеціальності 6.030601 „Менеджмент організацій паливно-енергетичного комплексу”) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Д.С. Шимук. – Х.: ХНАМГ, 2011 - 86 с.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Релейний захист та автоматика”. (для студентів 4 курсу денної та 4,5 курсів заочної форм навчання із спеціальностей 6. 09 06 03 - „Електротехнічні системи електроспоживання” і 6. 05 07 01- "Електротехніка та електротехнології").Укл.: Ковальов В.М., Ніколаєнко В.Ф., Неклюдов Д.В. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 31с.
5. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни "Релейний захист та автоматика" (для студентів 4 курсу денної і 4, 5 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.090603 “Електротехнічні системи електроспоживання” і 6.050701 – "Електротехніка та електротехнології") / Укл.: Ковальов В.М., Білоха Д.О. - Х.: ХНАМГ, 2008. – 122 с.
6. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1992 – 528 с.
7. Чернобровов Н.В. Релейная защита. Изд. 5. М.: Энергия, 1974. 674 с.
8. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов/ М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу

**ОСНОВИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ
ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ**

*(для студентів 4 курсу денної та 4, 5 курсів заочної форм навчання за
напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)*

Укладач: **ШИМУК** Дмитро Степанович

За авторською редакцією

Відповідальний за випуск *П. П. Рожков*

Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

План 2014, поз. 182 М

Підп. до друку 26.11.2014
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк арк. 1,4
Тираж 50 пр.

Виконавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК 4705 від 28.03.2014 р.